

구조물 제진용 유체댐퍼의 온도특성

Experimental Study on the Temperature Dependency of Fluid Viscous Damper

이완하†·박진영*·오 주*·박건록*

Wan-ha Lee, Jin-young Park, Ju Oh and Kun-nok Park

1. 서 론

건설 구조물에 적용되는 감쇠기는 대부분 외부환경에 노출되어 있으며, 우리나라의 경우에는 계절에 따른 온도 변화가 크게 작용한다. 유체 댐퍼의 외기 온도에 의한 영향 평가와 온도 의존성 분석에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 감압밸브가 적용된 유체 댐퍼에 대하여 온도 특성을 분석한 연구가 부족한 상황이다.

본 연구에서는 감압밸브가 적용된 점성 유체 댐퍼 (Viscous Fluid Damper)의 감쇠력에 따른 내부 온도와 압력에 대하여 실험을 통하여 분석을 수행하였으며 적용유체의 온도변화에 따른 감쇠력 변화에 대하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 OFD 댐퍼의 설계

점성 유체 댐퍼는 다음의 그림 1과 같이 설계되었다. 최대 스트로크는 ±80mm이며 홀(Hole)형 오리피스 지름은 3mm, 1개로 제작하였다. 가동 변위량은 ±80mm로 설계되었으나 본 논문에서는 ±25mm의 변위량에 대한 실험 결과를 분석하였다.

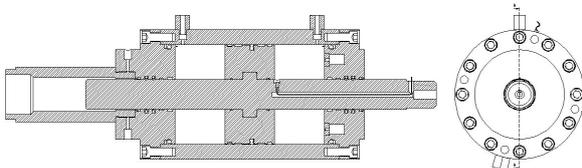


그림 1. 점성 유체 댐퍼 설계도면

점성 유체 댐퍼에 감압밸브를 설치하고 감압밸브에 의한 2차강성을 고려하여 속도에 따른 감쇠력 예측 하였다.

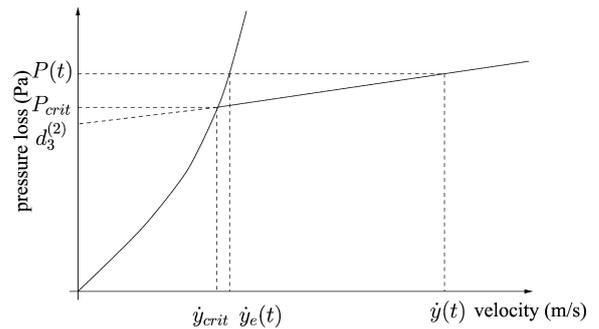


그림 2. 감압밸브가 적용된 댐퍼의 압력-속도 그래프

유체댐퍼 가동 시에 오리피스에 의한 압력차이가 발생하게 되며 감압밸브의 설계 압력차에 도달하게 되면 진행방향으로 밸브가 열리게 된다. 그림 2는 피스톤의 임계속도 (\dot{y}_{crit})에서 감압밸브의 작동을 그래프로 표현한 것이다. 유체 온도 변화에 따라 임계속도가 변화하게 된다. 유체온도 상승 시 점도의 감소로 인하여 감쇠력의 구현속도가 증가하게 된다. 그림 2의 그래프는 작동방향에 대하여 부호를 부여하여 다음의 식(i)~(iv)와 같이 표현할 수 있다. 등가 압력 모델의 경우에는 임계 감쇠력을 기점으로 $F < F_{crit}$, $F > F_{crit}$ 로 분리가 가능하다.

- (i) low force ($F < F_{crit}$), damper in compression ($\dot{y} > 0$);
- (ii) high force ($F > F_{crit}$), damper in compression ($\dot{y} > 0$);
- (iii) low force ($F < F_{crit}$), damper in rebound ($\dot{y} < 0$); and
- (iv) high force ($F > F_{crit}$), damper in rebound ($\dot{y} < 0$)

감압밸브는 방향성을 가지고 있으므로 유체의 방향에 따라 체크 밸브로서의 역할과 감쇠력 제어기구의 역할을 동시에 수행할 수 있다. 감압밸브 설계 시에 목표 속도에서 발생하는 임계유압을 기준으로 밸브의 개폐를 반영하고 통과 유량과 유속을 예측하여 통과유로의 크기를 결정하였다.

적용 유체는 일반 유압유를 사용하였다. 동점도는 71.2 cSt (@40°C, ASTM D445)이며 점도지수는 98(ASTM D2270)로 제공되어 있다. 본 실험에서는 기존 제품보다 향상된 내구성을 확인하기 위하여 저점도의 일반 유압유를 적용하였다.

† 교신저자; 유니슨(주) 기술연구소
E-mail : whlee@unison.co.kr
Tel: (041) 620-3432, Fax: (041) 552-7416

* 유니슨(주) 기술연구소

2.2 시험조건 및 변수

일정 변위량에 대하여 속도와 주파수를 변수로 설정하여 시험을 수행하였다. 시험장비는 2000kN 피로시험기로 가동 속도는 최대 100mm/sec로 시험이 가능한 장비를 사용하였다. 내부 온도와 압력 계측을 위하여 별도의 데이터 계측장비가 사용되었으며 점성 유체 댐퍼의 온도측정용 온도센서(K-Type)는 외부 몸체와 피스톤 로드에서 각각 설치하여 적용유체와 직접 접촉하도록 하였다. 유압계측은 HBM사의 PE300을 사용하였다. 1000bar까지 측정이 가능하며 실시간으로 유압을 기록하였다.

가력 속도에 따른 감쇠력 변화를 측정하기 위하여 ± 25 mm 변위에 대하여 10~80mm/sec로 시험이 수행되었고, 1cycle 이동거리가 100mm이므로 0.1~0.8Hz의 주파수로 대응할 수 있다. 각 세트에 대하여 11회 이상 가력 하였으며 첫 번째 가력을 제외한 2회~11회까지의 감쇠력에 대하여 분석을 실시하였다. 그림 3은 점성댐퍼의 시험장면이다.



그림 3. 시험전경

2.3 시험결과

그림 4는 감쇠력을 정리한 그래프이다. 50mm/sec (0.5Hz)에서 감압밸브가 작동 하였고, 60mm/sec이상의 속도에서 155bar, 460kN이 측정되었다. 최대 감쇠력은 433kN으로 첫번째 사이클에서 발생한 최대 감쇠력 456kN에서 5%의 감소율을 보였다. 낮은 속도에서는 감쇠력 저하가 적게 나타나는 것으로 분석되었으며 유체 온도상승에 따른 점도저하에 의하여 하중 감소가 발생하는 것으로 판단된다.

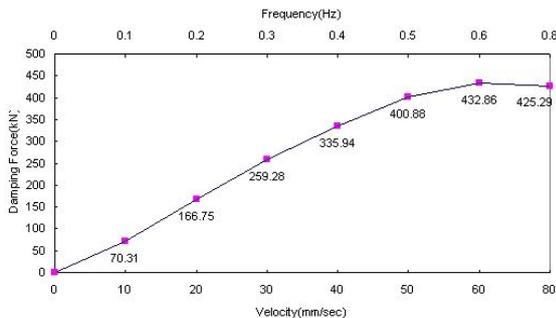


그림 4. 속도에 따른 감쇠력

그림 5는 시험 속도에 따른 온도변화를 정리한 것이다. 10mm/sec에서는 약 1°C의 상승을 보였으며 80mm/sec에서는 약 9°C의 온도차를 나타냈다. 온도변화는 가동 속도에 의존성을 나타냈으며 감쇠력 저하로 나타났다. 50mm/sec 이상의 속도에서 감압밸브의 제어에 의하여 감쇠력 증가는 작게 나타났지만 유체 온도변화는 지속적으로 증가하는 것으로 분석되었다.

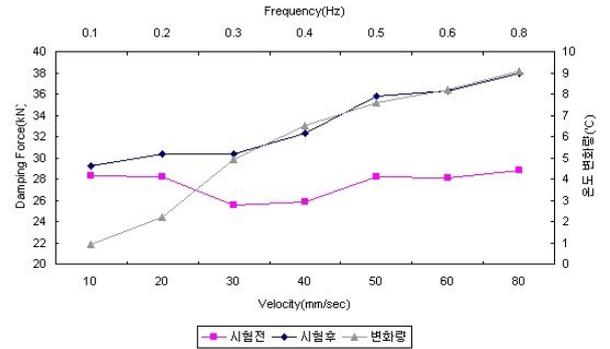


그림 5. 속도에 따른 온도변화 결과

그림 6은 60mm/sec(0.6Hz)에서 점성 유체 댐퍼의 내부 측정압력과 피스톤 로드와 양쪽실의 온도를 측정된 결과이다. 시험횟수가 증가함에 따라 내부 온도는 28도에서 36도로 급격하게 증가하였다. 유체 압력은 첫번째 사이클에서 155bar를 나타냈으며 11번째 사이클에서 139bar가 측정되어 약 10% 감소한 것으로 나타났다. 반복시험 횟수에 따른 내부온도의 변화량이 작을수록 감쇠력의 변화량도 작은 것으로 나타났다.

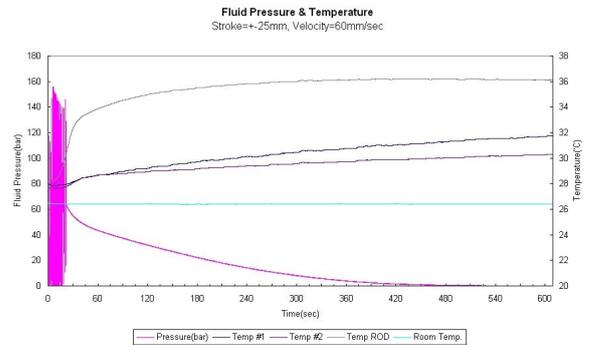


그림 6. 점성 유체 댐퍼 내부 압력 및 온도 측정 결과

3. 결론

본 연구에서 구조물 제진용 유체 댐퍼에 감압밸브를 적용하여 최대 감쇠력을 제어하였으며 속도에 따른 온도변화를 실험을 통하여 분석하였다. 가동속도가 증가함에 따라 내부 온도 변화는 비례하여 증가한 것으로 나타났다. 감압밸브의 제어에 의하여 감쇠력이 제어되어도 속도상승에 따른 유체 온도변화는 지속적으로 증가하는 것으로 분석되었다.